



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 044 098** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>6</sup> **C 22 C 21/10**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5050902/02, 06.07.1992

(46) Date of publication: 20.09.1995

(71) Applicant:  
**Kashirin V.F.,  
Surikova T.V.,  
Berezin L.G.**

(72) Inventor: **Kashirin V.F.,  
Surikova T.V., Berezin L.G.**

(73) Proprietor:  
**Kashirin Vjacheslav Fedorovich**

(54) **ALUMINUM BASED WELDED ALLOY FOR SANDWICH ALUMINUM ARMOUR**

(57) Abstract:

FIELD: aluminum based alloys for aluminum armour. SUBSTANCE: alloy has, in mass zinc 6.4-7.2; magnesium 2.6-3.2; manganese 0.07-0.14; chrome 0.15-0.25; titanium 0.03-0.10; zirconium 0.05-0.12; aluminum the rest. In the case, total amount of zinc and

magnesium is 2.0-2.8. Alloy has following properties: sandwich plate limiting speed of certified affects (LSCA) 666-674 m/s, serial plate LSCA - 617-628 m/s; speed gain of LSCA 7.3-8.1 weight gain 8.6-8.9 EFFECT: alloy provides speed and weight gain. 2 tbl



(19) **RU** (11) **2 044 098** (13) **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **C 22 C 21/10**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5050902/02, 06.07.1992

(46) Дата публикации: 20.09.1995

(56) Ссылки: Патент США N 3304209, кл. 148-32,5, опубл. 1967, РЖ "Металлургия" N 6, 1968, реферат N 6И553П.ОСТ 1-92014-76. Сплав 1901.

(71) Заявитель:  
Каширин В.Ф.,  
Сурикова Т.В.,  
Березин Л.Г.

(72) Изобретатель: Каширин В.Ф.,  
Сурикова Т.В., Березин Л.Г.

(73) Патентообладатель:  
Каширин Вячеслав Федорович

(54) СВАРИВАЕМЫЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ СЛОИСТОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сплавам на основе алюминия, предназначенным для слоистой алюминиевой брони. Сплав содержит, мас. цинк 6,4 - 7,2; магний 2,6 3,2; марганец 0,07 0,14; хром 0,15 0,25; титан 0,03 0,10; цирконий 0,05 0,12; алюминий остальное, причем суммарное

содержание цинка и магния составляет 9,0 10,4 мас. а отношение содержания цинка и магния составляет 9,0 10,4 мас. а отношение содержания цинка и магния 2,0 2,8. Свойства сплава следующие: ПКП слоистой плиты 666 674 м/с, ПКП серийной плиты 617 - 628 м/с; выигрыш в скорости ПКП 7,3 8,1% весовой выигрыш 8,6 - 8,9% 2 табл. 4 ил.

RU 2 044 098 C1

RU 2 044 098 C1

Изобретение относится к металлургии сплавов, а именно сплавов системы алюминий-цинк-магний, используемых для изготовления сварных высокопрочных конструкций, подвергаемых импульсным нагрузкам высокой интенсивности (инкассаторские бронеавтомобили, бронированные сейфы и др. объекты гражданского и военного назначения).

Известны сплавы на основе алюминия, содержащие цинк, магний в качестве основных легирующих элементов, а также дополнительно переходные элементы марганец, цирконий, хром, титан.

Эти сплавы как высокопрочные и свариваемые успешно используются в изделиях бронетанковой техники (Елагин В.И. Захаров В.В. Дриц А.М. Структура и свойства сплавов системы Al-Zn-Mg. М. Металлургия, 1982, с. 210).

Наиболее близок к изобретению по химическому составу высокопрочный свариваемый алюминиевый сплав, содержащий, мас. Цинк 5,5 6,3 Магний 2,6 3,5 Марганец 0,2 0,45 Цирконий 0,1 0,3 Хром 0,2 0,4 Титан 0,1 0,3 Алюминий Остальное

Примеси: Железо 0,3 Кремний 0,2 Медь 0,2

Использование сплава 1901 в качестве гомогенной противопульной брони показало, что он обеспечивает высокую твердость (до 170НВ) и пластичность, необходимую для броневых материалов. Однако дальнейшее повышение твердости сплава 1901 за счет дополнительного легирования приводит к снижению противопульной стойкости вследствие снижения живучести (раскол, отколы с тыльной поверхности плиты) из-за понижения пластичности материала.

Слоистые алюминиевые плиты за счет своих конструктивных особенностей позволяют использовать в качестве лицевого слоя сплавы с более высокой твердостью, чем сплав 1901.

При использовании сплава 1901 в качестве лицевого слоя в слоистой броне противопульная стойкость снижается по сравнению с гомогенной (из сплава 1901) плитой, так как снижается средняя твердость плиты из-за наличия в ней мягких прослоек, но одновременно появляется избыток пластичности.

Целью изобретения является создание сплава на основе алюминия, содержащего цинк, магний, марганец, цирконий, хром и титан, который при его использовании в качестве лицевого слоя в слоистой броне позволил бы получить более высокую по сравнению с гомогенной броней противопульную стойкость.

Это достигается за счет увеличения твердости лицевого слоя в слоистой броне путем создания сплава на основе алюминия, содержащего цинк, магний, марганец, цирконий, хром и титан, отличающегося тем, что в нем суммарное содержание цинка и магния равно 9,0-10,4 мас. при отношении содержания цинка к содержанию магния, равном 2,0-2,8, и суммарном содержании переходных элементов Mn, Cr, Ti, Zn, равном 0,3-0,61, содержит ингредиенты в соотношении, мас. цинк 6,4 7,2; магний 2,6 3,2; марганец 0,07 0,14; хром 0,15 0,25; цирконий 0,05 0,12; титан 0,03 0,10; алюминий остальное.

На фиг. 1 представлены экспериментальные данные по влиянию отношения Zn/Mg на твердость сплава при суммарном содержании  $\Sigma$  Zn + Mg 9 и 10,5 мас. (кривая 1 и 2 соответственно) и сопротивление коррозионному растрескиванию (кривая 3), где  $t_{кр.}$  время до разрушения образца; на фиг. 2 области существования сплавов 1901 и предлагаемого в координатах  $\Sigma$  Zn + Mg Zn/Mg на фиг. 3 схема образования трещин в слоистой плите при импульсном нагружении высокой интенсивности (боек, пуля); на фиг. 4 экспериментальные данные по влиянию суммарного содержания переходных элементов на прочность сплава Al Zn Mg с суммарным содержанием Zn + Mg 10,4%

Из кривых 1 и 2 видно, что максимальная твердость сплавов Al Zn Mg с суммарным содержанием Zn + Mg 9 10,4% соответствует значению отношения Zn/Mg 2,4.

Интервал изменения отношения Zn/Mg в сплаве 1901 составляет 1,6 2,4. Этот интервал следует рассматривать как Zn/Mg  $2,0 \pm 0,4$ . В соответствии с графиками фиг. 1 это соотношение не обеспечивает получение максимальных значений прочности сплава.

В предлагаемом сплаве отношение Zn/Mg выбрано равным 2,0 2,8, т.е. Zn/Mg  $2,4 \pm 0,4$ , что обеспечивает повышение по сравнению со сплавом 1901 минимальных значений твердости сплава на 5-6 ед. НВ.

Повышение отношения Zn/Mg в предлагаемом сплаве позволяет повысить и коррозионную стойкость при воздействии напряжений (см. фиг. 1, кривая 3).

Прочностные свойства сплавов системы Al Zn Mg определяются главным образом суммарным содержанием основных легирующих элементов цинка и магния. Наряду с повышением твердости за счет изменения отношения Zn/Mg в предлагаемом сплаве увеличено суммарное содержание Zn + Mg с 8,1 9,8% для сплава 1901 до 9,0 10,4 мас. что дает повышение твердости сплава на 12 15 ед. НВ.

Основное назначение переходных металлов (ПМ) Mn, Cr, Ti, Zr в сплавах системы Al Zn Mg является повышение их коррозионной стойкости и свариваемости.

Растворимость ПМ в твердом алюминии мала, а их повышенное содержание может привести к появлению включений первичных интерметаллидов, которые отрицательно влияют как на механические, так и коррозионные свойства. Так, первичные интерметаллы в слитках сплавов Al Zn Mg наблюдали при содержании Ti 0,15% Zr 0,2% поэтому в сплаве содержание ПМ не рекомендуется более 0,2-0,25% каждого в отдельности (Елагин В.И. Легирование деформируемых алюминиевых сплавов переходными металлами. М. Металлургия, 1975, с. 147 159).

ПМ оказывает влияние на механические (прочностные) свойства сплавов. При комплексном легировании (одновременное введение нескольких элементов) переходными металлами на прочностные свойства сплава влияет суммарное содержание ПМ.

Из приведенных на фиг. 4 данных видно, что оптимальное суммарное содержание ПМ составляет  $0,45 \pm 0,15\%$  что и выбрано для заявляемого сплава.

Выбор оптимального содержания ПМ позволил увеличить твердость предлагаемого сплава на 3-4 ед. НВ по сравнению со сплавом 1901, где содержание ПМ составляет  $1,0 \pm 0,4\%$

Таким образом, выбор оптимального соотношения содержания Zn/Mg в сплаве, повышение содержания основных легирующих элементов, оптимизация суммарного содержания ПМ позволило обеспечить твердость предлагаемого сплава на 20-25 ед. НВ выше по сравнению со сплавом 1901.

Из представленных на фиг. 2 областей существования сплава 1901 и предлагаемого видно, что при одинаковой сумме цинка и магния в обоих сплавах (фиг. 2 интервал А) предлагаемый сплав имеет повышенную твердость из-за более благоприятного отношения Zn/Mg.

С другой стороны, при одинаковых соотношениях Zn/Mg (фиг. 2, интервал В) у обоих сплавов, предлагаемый сплав имеет более высокую твердость за счет повышенного по сравнению со сплавом 1901 содержания  $\Sigma \text{Zn} + \text{Mg}$ .

Таким образом, из анализа областей существования сплавов (фиг. 2) видно, что предлагаемый сплав имеет более высокую твердость во всей своей области существования и отличается от известного в каждой точке области существования, либо суммарным содержанием основных легирующих элементов, либо их соотношением.

Для экспериментальной оценки уровня прочностных и броневых свойств предлагаемого сплава были изготовлены и испытаны слоистые плиты толщиной 27,5 мм с использованием предлагаемого сплава и гомогенные плиты из сплава 1901 такой же толщины.

Испытания противупульной стойкости проводились пулей калибра 7,62 мм под углом  $\alpha = 0^\circ$  ( $\alpha$  - угол между нормалью к испытываемой карте и траекторией полета пули). Противупульная стойкость определялась величиной предельной скорости кондиционных поражений ( $V_{\text{пкп}}$ ).

Из представленных в табл. 1 результатов видно, что максимальный уровень пулестойкости в опытных плитах получен при суммарном содержании Zn + Mg 10,4% т.е. при максимальном (предельном) содержании легирующих элементов. Дальнейшее повышение суммарного содержания цинка и магния (верхний запредельный уровень) повышает прочностные (твердость) свойства сплава. Однако вследствие снижения пластических свойств сплава с ростом уровня легирования повышается склонность к трещинообразованию (фиг. 3) и, как следствие, снижается уровень пулестойкости (табл. 1, плавка 3-229).

Прочностные свойства и противупульная стойкость на другом запредельном уровне (ниже нижнего) легирования ниже свойств нижнего предельного уровня легирования. Это является следствием снижения прочностных свойств сплава как за счет снижения  $\Sigma \text{Zn} + \text{Mg}$ , так и суммы ПМ, при некотором "излишке" пластических свойств. Сам же нижний уровень содержания легирующих элементов определяется только технологическими соображениями, и чем он

ближе к среднему содержанию этих элементов в сплаве, тем будет выше гарантированный уровень прочностных и броневых свойств.

Из представленных в табл. 1 экспериментальных данных видно, что при равном суммарном содержании Zn + Mg (плавки 3-238 и 3-234) предлагаемый сплав имеет более высокую твердость и противупульную стойкость вследствие более благоприятного соотношения Zn/Mg и суммарного содержания ПМ.

Преимущество слоистых перед гомогенными определялось в виде выигрыша в скорости ( $\Delta V_{\text{пкп}}$ )

$$\Delta V_{\text{пкп}} = \frac{V_{\text{пкп}}^{\text{сл}} - V_{\text{пкп}}^{\text{гом}}}{V_{\text{пкп}}^{\text{гом}}} \cdot 100 \quad \text{где } V_{\text{пкп}}^{\text{сл}},$$

$V_{\text{пкп}}^{\text{гом}}$  - предельная скорость кондиционных поражений соответственно слоистой и гомогенной плиты равной толщины.

Весовой выигрыш слоистой брони с использованием предлагаемого сплава определяется как разница равностойких толщин гомогенной ( $B^{\text{гом}}$ ) и слоистой ( $B^{\text{сл}}$ ) брони, отнесенная к толщине равностойкой гомогенной брони из сплава 1901, т.е.

$$\Delta B = \frac{B^{\text{гом}} - B^{\text{сл}}}{B^{\text{гом}}} \cdot 100$$

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что использование предлагаемого сплава в качестве лицевого слоя в слоистой броне позволит повысить пулестойкость плит на 7-8% при равной толщине плиты или при равной бронестойкости обеспечить снижение веса (весовой выигрыш) бронеконструкции на 8,6-8,9% по сравнению с гомогенной плитой из сплава 1901 при сохранении высокого уровня живучести.

Такие важные для броневых материалов характеристики, как свариваемость и коррозия под напряжением оценивались на специальных сварных пробах, изготовленных из слоистого проката, включающего в себя предлагаемый сплав (пл. 3-234).

Анализ результатов и сравнение их с аналогичными результатами испытаний гомогенного проката из сплава 1901 показали, что предлагаемый сплав не уступает по указанным характеристикам сплаву 1901.

Использование предлагаемого сплава в лицевом слое слоистых плит обеспечивает по сравнению с гомогенным материалом повышение на 7-8% броневых свойств за счет более высокой (на 20-25 ед. НВ) твердости лицевого слоя; снижение общего веса изделий за счет использования слоистых материалов, обеспечивающих требуемый уровень броневых свойств в меньших толщинах.

#### Формула изобретения:

СВАРИВАЕМЫЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ СЛОИСТОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНИ, содержащий цинк, магний, марганец, хром, титан, цирконий, отличающийся тем, что он содержит компоненты в следующем соотношении, мас.

Цинк 6,4-7,2  
Магний 2,6-3,2  
Марганец 0,07-0,14  
Хром 0,15-0,25

Титан 0,03 0,10  
Цирконий 0,05 0,12  
Алюминий Остальное  
причем суммарное содержание цинка и

магния составляет 9,0 10,4 мас. а отношение  
содержания цинка к содержанию магния 2,0  
2,8.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

RU 2044098 C1

RU 2044098 C1

Таблица 1

Сплав	Содержание легирующих элементов, мас. %						
	Плавка	Zn	Mg	Mn	Cr	Ti	Zr
Предлагаемый	3-229	7,4	3,5	0,20	0,28	0,12	0,15
	3-232	7,2	3,2	0,14	0,25	0,10	0,12
	3-234	6,8	2,9	0,10	0,20	0,07	0,08
	3-241	6,4	2,6	0,07	0,15	0,03	0,05
	3-243	5,9	2,5	0,05	0,12	0,02	0,03
1901	3-238	6,3	3,4	0,35	0,21	0,1	0,19

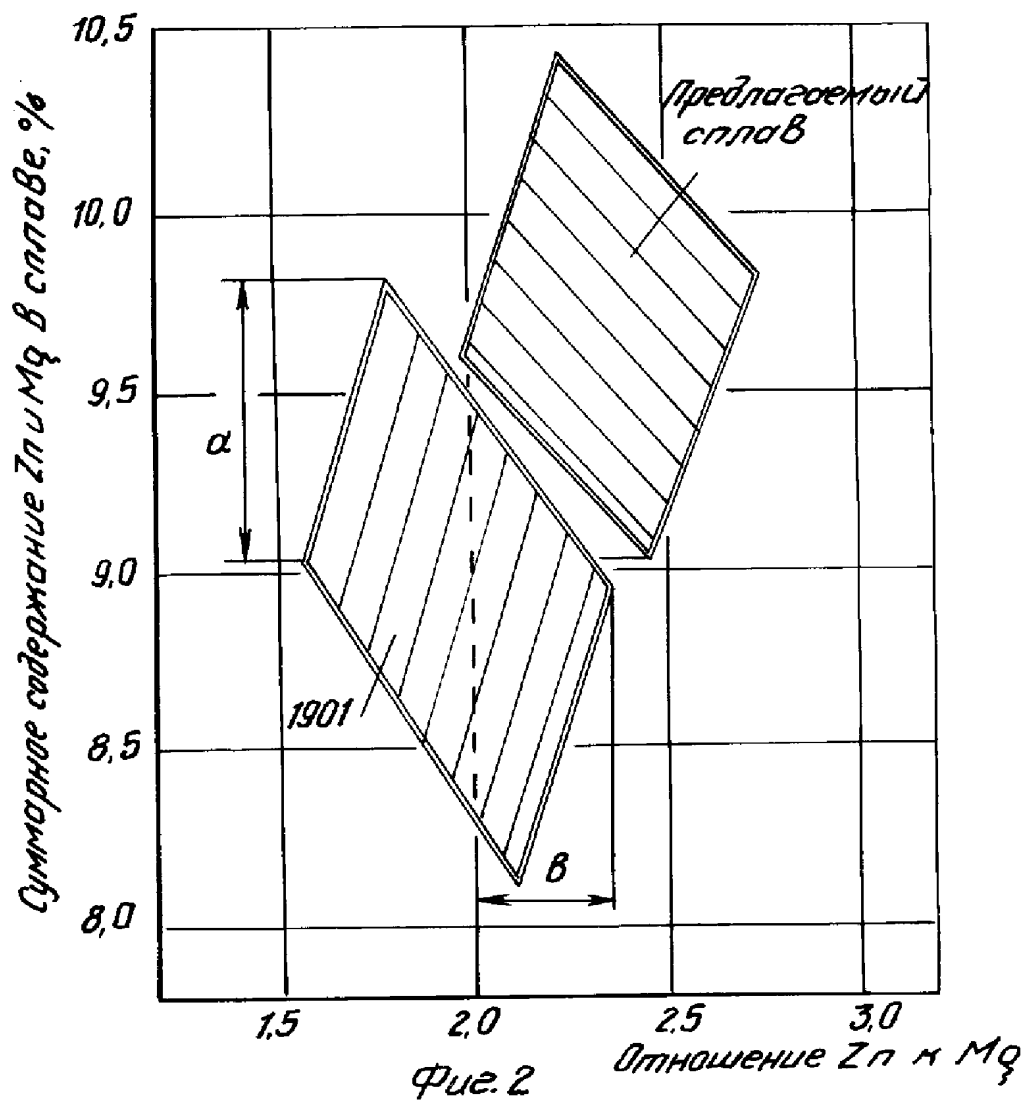
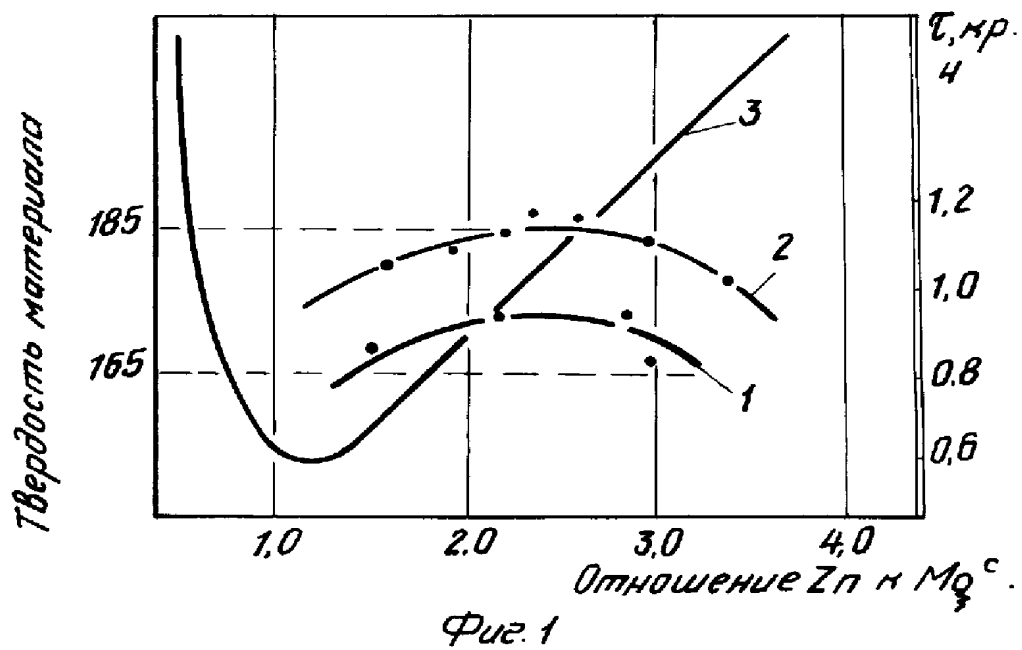
Продолжение табл. 1

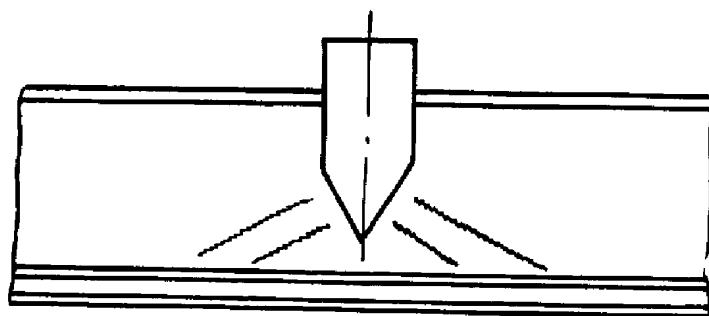
Сплав	Содержание легирующих элементов, мас. %					
	Zn+Mg	Zn Mg	Mn+Cr Ti+Zr	HB	V <sub>пкп.</sub> м/с	Примечание
Предлагаемый	10,9	2,11	0,75	192	670	Верх. за- пред.
	10,4	2,25	0,61	187	685	Верхний
	9,70	2,34	0,45	180	670	Средний
	9,0	2,5	0,30	160	635	Нижний
	8,4	2,36	0,22	149	610	Нижний запр.
1901	9,7	1,96	0,86	173	654	Прототип

Примечание. Алюминий – остальное

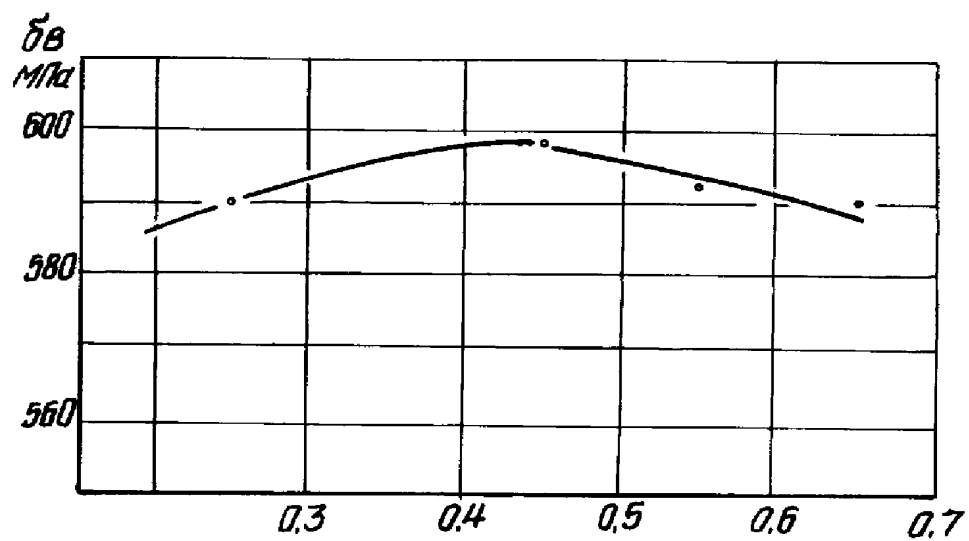
Таблица 2

Опыт	Толщина карты, мм	V <sub>пкп</sub> сло- истой пли- ты, м/с	V <sub>пкп</sub> серий- ной плиты, м/с	Выигрыш в скорости пкп, %	Равностой- кая толщина спл. 1901, мм	Весовой вы- игрыш, %
1	27,5	673	622	8,1	30,2	8,6
2	27,5	666	617	7,9	30,2	8,9
3	27,5	674	628	7,3	31,15	8,7





Фиг. 3



Фиг. 4